



AVALIAÇÃO DO NÍVEL DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DO LABORATÓRIO DE COMPUTAÇÃO CIENTÍFICA E VISUALIZAÇÃO DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS (LCCV-UFAL)

Fábio Henrique Sales Nogueira (1); Melyna de Almeida Lamenha (2); Jordana Teixeira da Silva (3); Simone Carnaúba Torres (4); Juliana Oliveira Batista (5)

(1) (2) (3) (5) Grupo de Estudos em Conforto Ambiental – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo (FAU) – Universidade Federal de Alagoas (GECA/FAU/UFAL), Brasil.

(2) email: fabiohenriqui@gmail.com

(3) email: melynalamenha@gmail.com

(4) email: jordana_t@hotmail.com

(5) email: juliana82arq@gmail.com

(4) Universidade Federal de Alagoas- Curso de Arquitetura e Urbanismo - Campus Arapiraca (UFAL),
Brasil – e-mail: stc@ctec.ufal.br

RESUMO

Após a crise energética em 2001, o governo brasileiro passou a por em prática políticas que buscavam promover a eficiência energética. Considerando-se que as edificações são responsáveis por cerca de 50% do consumo total de energia elétrica do país, em fevereiro de 2009, foi publicado pelo Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial - INMETRO, o Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ-C). A partir do lançamento do RTQ-C, diversas avaliações de edificações já foram realizadas em vários estados do país. O presente artigo apresenta uma avaliação feita em uma edificação institucional da Universidade Federal de Alagoas, situada na cidade de Maceió. O edifício foi avaliado através do método prescritivo obedecendo às diretrizes metodológicas propostas pelo RTQ-C. De acordo com a avaliação, foram obtidos os seguintes níveis de eficiência: “B” para a envoltória, “E” para o sistema de iluminação e “D” para o sistema de condicionamento de ar, resultando no nível “C” para a classificação geral do edifício. Verificou-se que medidas simples poderiam ser tomadas durante o projeto da edificação a fim de obter um melhor desempenho energético do edifício, como a adoção de equipamentos de iluminação e condicionamento de ar mais eficientes, substituição da tipologia e materiais da cobertura. Conclui-se que a utilização do RTQ-C se configura como uma importante ferramenta para favorecer o projeto de edifícios energeticamente eficientes.

Palavras-chave: eficiência energética; conforto térmico; regulamento técnico

1. INTRODUÇÃO

A necessidade de buscar a adequação das edificações ao clima e o aproveitamento dos recursos naturais de climatização são colocados hoje como importantes fatores que amenizam a intensa utilização de meios artificiais para a obtenção do conforto térmico e, com isso, contribuem para diminuição da demanda por energia elétrica. Em virtude do elevado percentual de consumo de energia elétrica em edifícios (comerciais, residenciais e públicos) do país, valor que corresponde a cerca de 50%, a preocupação com economia de energia ganhou destaque.

No ano de 2001, com a crise energética no Brasil, o governo passou a adotar medidas que visavam à redução do consumo de energia no país e o uso racional de energia elétrica. Nesse contexto, foi promulgada a Lei 10.295/2001, conhecida como Lei de Eficiência Energética (BRASIL, 2001). Como forma de contribuir para o racionamento de energia, estimulou-se a fabricação e a comercialização de eletrodomésticos mais eficientes energeticamente, dessa forma, iniciou-se a etiquetagem dos equipamentos pelo Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE). A partir da atuação do Programa Nacional de Eficiência Energética em Edificações (PROCEL EDIFICA), instituído em 2003, incentivou-se o uso racional de energia e conservação dos recursos naturais nas edificações.

Complementando esta lei, como parte das ações desenvolvidas no âmbito da política de eficiência energética, foi publicado em fevereiro de 2009, pelo Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO), o Regulamento Técnico para Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ-C) e o documento complementar, Regulamento de Avaliação da Conformidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RAC-C). O objetivo deste regulamento foi estabelecer os procedimentos e parâmetros básicos para avaliação completa do nível de eficiência energética das edificações de uso comercial, de serviço e público. A certificação energética dos edifícios ainda é de caráter voluntário, tanto para construções existentes, quanto novas (Brasil, 2009).

O RTQ-C aplica-se a edifícios com área útil mínima correspondente a 500 m² ou com tensão de abastecimento superior ou igual a 2,3 kV (subgrupos A1, A2, A3, A3a e A4). Está dividido em três parâmetros: eficiência e potência instalada do sistema de iluminação, eficiência do sistema de condicionamento do ar e a eficiência energética da envoltória do edifício. Cada um destes parâmetros de avaliação são classificados segundo os níveis de eficiência que variam de A (mais eficiente) a E (menos eficiente). Para a obtenção da classificação geral do edifício, as classificações por sistemas devem ser avaliadas separadamente, resultando numa classificação final. Para tanto, são atribuídos pesos para cada requisito, distribuídos da seguinte forma: sistema de iluminação = 30%, sistema de condicionamento de ar = 40% e envoltória = 30%. Ao término do processo de avaliação, o edifício recebe a Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE).

Foi criada a Rede de Eficiência Energética em Edificações (R3E), a fim de dar suporte ao Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL) e para auxiliar no processo de capacitação para avaliação do RTQ-C e da aplicação do método descrito no RAC-C. Em conjunto com os laboratórios capacitados pelo PROCEL, que compõe a R3E, desde 2009, o Laboratório de Conforto Ambiental da Universidade Federal de Alagoas (LabConf) vem desenvolvendo pesquisas para aplicação do regulamento RTQ-C. Entre os objetivos principais da integração do Laboratório à Rede são: operacionalização do processo de etiquetagem, incentivo ao uso racional de energia elétrica, através da capacitação de pessoal em diversos níveis e da disseminação do conhecimento.

O presente trabalho consiste na apresentação dos resultados da avaliação do nível de eficiência energética da primeira edificação estudada pelo LabConf -UFAL, o edifício do Laboratório de Computação Científica e Visualização (LCCV), localizado na Universidade Federal de Alagoas, em Maceió. O LCCV está interligado à RTCCV, Rede Temática de Computação Científica e Visualização, atendendo à indústria de petróleo e gás e de energias renováveis, para ações destinadas à elaboração de estudos e ao desenvolvimento de projetos de Pesquisa e Desenvolvimento.

1 OBJETIVO

O objetivo do presente trabalho é apresentar e divulgar os resultados da avaliação do nível de eficiência energética do Laboratório de Computação Científica e Visualização – LCCV, localizado na UFAL (figuras 1 a e b), segundo o Regulamento Técnico para Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos – RTQ-C. Além disso, o artigo discute e analisa as problemáticas referentes ao diagnóstico encontrado a fim de apontar contribuições para a possível melhoria do nível de eficiência energética do objeto de estudo.

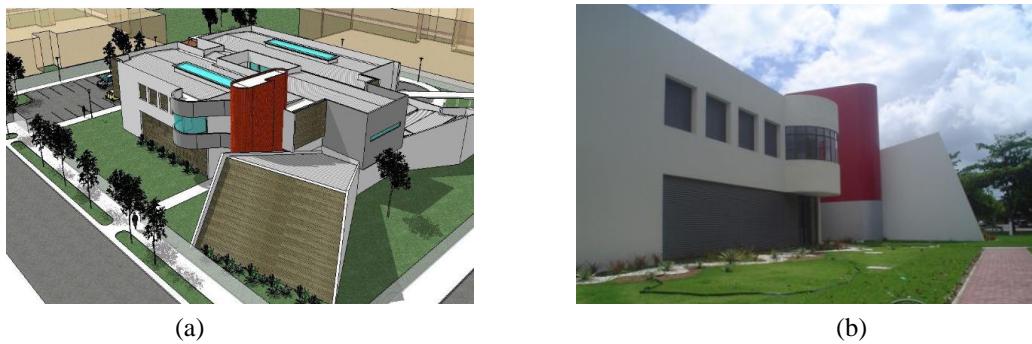


Figura 1 – Perspectiva aérea do edifício avaliado, LCCV - UFAL (a) e fotografia da fachada leste (b).

3 METODOLOGIA

Para a avaliação da envoltória, o RTQ-C baseia-se no Zoneamento Bioclimático Brasileiro da NBR 15.220-3 (ABNT, 2005). No Brasil há oito zonas bioclimáticas, definidas conforme os dados climáticos de temperatura e umidade. O clima da cidade de Maceió é quente e úmido, com nível térmico constante, característico do litoral do Nordeste brasileiro. A temperatura média anual é de 25,4°C. A cidade está inserida na Zona Bioclimática 8.

Compõem a envoltória da edificação os fechamentos opacos, dispositivos de iluminação zenithal e aberturas. Dados como transmitância térmica, cores e absorção de superfícies, volume, área de piso e orientação das fachadas são considerados na avaliação. Além destes itens, um outro aspecto que deve ser observado são os chamados pré-requisitos, que se apresentam enquanto exigências mínimas para se atingir determinado nível. A Tabela 1 sintetiza, para a zona bioclimática 8, as exigências mínimas para que se possa alcançar os níveis de eficiência energética estabelecidos pelo RTQ-C.

Tabela 1: Pré-requisitos aplicáveis à classificação da envoltória das edificações.

Classificação	Exigências mínimas (paredes, coberturas e aberturas zenitais)
Nível A	<ul style="list-style-type: none">- Transmitância térmica (U) da cobertura de ambientes condicionados deve ser menor ou igual a 1,0W/m²K e das paredes externas igual ou menor que 2,50W/m²K (para paredes com capacidade térmica - Ct de até 80KJ/m²K) ou 3,7 (para paredes com capacidade térmica - Ct superior a 80KJ/m²K)- Absorção solar máxima (α) de cobertura não aparente e dos revestimentos externos deve ser 0,4- O percentual máximo de abertura zenithal (PAZ): 5%; Fator Solar (FS) = 0,3
Nível B	<ul style="list-style-type: none">- Transmitância térmica (U) da cobertura de ambientes condicionados deve ser menor ou igual a 1,5W/m²K e das paredes externas igual aos valores especificados para o nível A.- Absorção solar (α) máxima de cobertura não aparente e dos revestimentos externos deve ser 0,4
Níveis C e D	<ul style="list-style-type: none">- Transmitância térmica (U) da cobertura deve ser menor ou igual a 2,0W/m²K e das paredes externas igual aos valores especificados para o nível A

Esses fatores devem estar enquadrados nos pré-requisitos da Zona Bioclimática em questão. O RTQ-C apresenta para cada Zona Bioclimática uma equação que determina o indicador de consumo da envoltória. Nesta equação são inseridos diversos índices referentes às características físicas do edifício. No caso de Maceió, foi adotada a equação da zona 8 para edifícios com área de projeção maior que 500m².

Utilizando-se uma mesma equação (equação 3.10 do RTQ-C) calcula-se primeiramente o IC (índice de consumo) utilizando os dados reais obtidos na análise do projeto. Depois, simula-se o IC máximo, ou seja, em que condições aquela determinada envoltória seria classificada com o menor nível de eficiência energética possível (considerando a inexistência dos ângulos de sombreamento e adotando percentual de abertura na fachada de 60% com fator solar igual a 0,61). Posteriormente, calcula-se o IC mínimo, a condição ideal em que a envoltória seria classificada com o melhor nível (adotando o percentual de abertura na fachada de 5%, com fator solar igual 0,87, considerando a inexistência dos ângulos de sombreamento). A partir do IC máximo e mínimo, determinam-se os intervalos referentes a cada nível de eficiência a fim de encontrar em qual dos intervalos o IC resultante a envoltória se enquadra.

A obtenção do equivalente numérico da envoltória é baseada na determinação do Índice de Consumo da envoltória (IC_{env}), calculado através de uma equação representada por variáveis relacionadas com a caracterização da volumetria do edifício. Dentre estas variáveis destacam-se: volume do edifício (Vtot), fator forma (FF), fator altura (FA), ângulos de sombreamento de aberturas (AVS e AHS), área total de piso (Atot), área da envoltória (Aenv), fator solar do vidro (FS), percentual de abertura total da fachada (PAFt), área de projeção do edifício (Ape), área de projeção da cobertura (Apcob), área útil (AU), área de piso condicionada(AC) e área de piso não condicionada (ANC), e área de permanência transitória (APT).

Para o sistema de iluminação, também é necessária a verificação quanto a exigências prévias. Para a classificação “A”, o edifício precisa atender a três pré-requisitos específicos. O primeiro é relativo à divisão dos circuitos, onde cada ambiente deve possuir no mínimo um dispositivo de controle manual de iluminação, que permita o acionamento independente pelos usuários. O segundo refere-se à contribuição da luz natural, onde as luminárias próximas à janela de cada ambiente devem apresentar acionamento independente do restante do sistema. Por fim, o terceiro pré-requisito corresponde ao desligamento automático do sistema de iluminação, aplicável para ambientes com área superior 250 m². Para a classificação “B”, valem apenas os dois primeiros pré-requisitos, enquanto que para a classificação “C”, basta apenas atender ao último. Se o edifício não atender nenhum dos pré-requisitos indicados, o nível de eficiência máximo que o sistema de iluminação poderá alcançar será o nível “D”

O método de avaliação do sistema de iluminação baseia-se no cálculo da Densidade de Potência de Iluminação Relativa Final (DPI_{RF}), que correlaciona a potência instalada total em cada ambiente ou zona iluminada (em W) com a sua respectiva área (em m²), para cada 100 lux de iluminância utilizados para iluminar o plano de trabalho. Os níveis de iluminância estabelecidos pela NBR 5413 (ABNT, 1992) são utilizados como referência na elaboração de projetos luminotécnicos adequados para os diferentes tipos de tarefa visual. Esta avaliação é aplicada em cada ambiente separadamente, sendo que estes podem apresentar diferentes usos e necessidades de iluminação distintas. Portanto, o nível de eficiência final é o resultado da média ponderada dos equivalentes numéricos (pontuação obtida através da classificação de A a E) de cada zona de iluminação, de acordo com suas respectivas áreas de ocupação no edifício avaliado.

Para o Sistema de Condicionamento de Ar a classificação da eficiência pode ser obtida de duas maneiras. Quando a edificação possui apenas condicionadores de ar tipo “janela” ou split, já classificados e etiquetados pelo INMETRO, deve-se apenas consultar os níveis apresentados nas etiquetas dos aparelhos instalados. De acordo com o nível de classificação do aparelho, são obtidos os seus respectivos equivalentes numéricos, os quais são ponderados de acordo com a área de cada ambiente condicionado, a fim de se obter a classificação final do sistema de condicionamento. Quando o sistema não é classificado pelo INMETRO, a exemplo de um sistema de condicionamento de ar central, a obtenção do nível de eficiência de cada componente do sistema (resfriadores de líquido, condensadores e torres de resfriamento) é realizada de acordo com requisitos mínimos presentes em

uma sequência de tabelas apresentadas pelo RTQ-C, as quais foram baseados em critérios definidos pela ASHRAE – American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers.

4 ANÁLISE DE RESULTADOS

4.1 Resultados da avaliação da envoltória

4.1.1 Análise dos Pré-requisitos da envoltória

A análise dos pré-requisitos da envoltória é baseada nas recomendações enquadradas no zoneamento bioclimático brasileiro (ABNT, 2005). Devem ser observadas as propriedades térmicas dos materiais que compõe a cobertura e as paredes externas do edifício.

No edifício avaliado, os componentes da envoltória apresentaram os resultados especificados na tabela 2. Observou-se, portanto, que dentre as exigências referentes aos pré-requisitos para a classificação “A”, o edifício não atendeu apenas aos parâmetros de transmitância térmica máxima da cobertura não aparente (ambientes condicionados e não condicionados), enquadrando-se aos pré-requisitos necessários para a classificação referente ao nível “B” de eficiência energética.

Verifica-se, desse modo, que o tipo de coberta empregado não apresenta desempenho térmico adequado ao alcance do melhor nível de eficiência energética. A transmitância térmica da cobertura poderia ser reduzida atendendo aos requisitos necessários para classificação nível “A”, através do uso de materiais que promovam o isolamento térmico (como exemplo pode-se citar uma composição mista: telha de fibrocimento e lâmina de alumínio polido). Outra alternativa seria modificar o tipo de laje, aumentando sua espessura, ou empregar outros tipos de cobertura, como o telhado em telha de barro.

Para a obtenção do equivalente final da envoltória foi realizado o cálculo do IC (índice de consumo da envoltória), apresentado no próximo item.

Tabela 2: Resultado da avaliação dos pré-requisitos a partir da análise da envoltória do LCCV

Componente	composição	U (W/m ² K)	α	Ct (80KJ/m ² K)	abertura zenital (%)
Cobertura de ambientes condicionados	Telha de fibrocimento (478,56 m ²), laje de concreto impermeabilizada (47,45 m ²), telha metálica (134,82 m ²)	1,24	0,3	-	0,35 (fator solar = 0,79)
Cobertura de ambientes não condicionados	Telha de fibrocimento (244,58 m ²), laje de concreto impermeabilizada (23,72 m ²), telha de fibra de vidro (66,54 m ²)	1,38	0,3	-	-
Paredes externas	tijolo+reboco+painel de alumínio (18,16 m ²); tijolo+reboco+pastilha (2,54 m ²); tijolo+reboco duplo (834,98 m ²)	2,4	0,4	143,21	-

4.1.2 Caracterização da envoltória

O edifício avaliado apresenta volumetria diferenciada dos demais prédios que compõe o seu entorno, sendo caracterizado pela presença de dois pavimentos e um pátio interno. Apresenta composição tipicamente ortogonal, embora apresente linhas curvas na demarcação dos acessos principais. Os elementos opacos são representados pela alvenaria em bloco cerâmico de 6 furos, rebocada e pintada na cor branco gelo em sua maior extensão (absortância térmica $\alpha=0,25$) e cinza claro em determinados volumes de sua estrutura (paredes do auditório e alvenarias em balanço, absortância térmica $\alpha=0,75$). Há presença de pequenas superfícies revestidas com painel de alumínio e outras com pastilha cerâmica na cor vermelha. Os elementos transparentes são representados pela presença de vidro comum incolor (fator solar 0,86) na maioria das aberturas, sendo encontrado vidro temperado com película fumê, apenas nas extensões do acesso principal do prédio.

Uma característica importante do edifício refere-se à proteção das aberturas através do uso de brises metálicos fixos perfurados (16% de abertura), que conferem um alto percentual de obstrução à passagem de radiação solar, devido à configuração dos perfis sobrepostos (Figura 2). A proteção em relação à insolação também é garantida pela própria volumetria do edifício, através avanços e reentrâncias dos ambientes, determinando sombreamento nas principais aberturas. A tabela 3 reúne as quantificações das variáveis identificadas no edifício do LCCV.



Figura 2 – Brises metálicos fixos.

Utilizando o método prescritivo descrito no RTQ, chegou-se ao valor final enquadrado na classificação do nível “A”, apontado na Tabela 4. Conclui-se, portanto, que o resultado satisfatório referente ao IC da envoltória foi decorrente de dois fatores principais: a proteção das aberturas através dos brises metálicos, os quais acarretaram na redução significativa do percentual de abertura total das fachadas (apenas 5%), e a proteção à insolação decorrente da própria volumetria do edifício, gerando o sombreamento das principais aberturas, representado pelo valor de AHS =23,98°.

Tabela 3: Caracterização da envoltória do LCCV a partir das variáveis determinantes do IC.

Variáveis da equação do IC – Envoltória LCCV	Área (m ²)	Variáveis da equação geral	Área (m ²)
Apcob (área de projeção da cobertura - m ²):	1116,18	AU (área útil)	1463,16
Vtot (volume total da edificação- m ³)	7566,28		
Atot (área total de piso - m ²):	1664,58	AC (área de piso dos ambientes condicionados)	891,6399
Aenv. (área da envoltória - m ²):	2560,65		
AVS (ângulo vertical de sombreamento)	7,09	ANC (área de piso dos ambientes não condicionados de permanência prolongada)	104,39
AHS (ângulo horizontal de sombreamento)	23,98		
FF (fator forma - Aenv./Vtot)	0,34		
FA (fator altura - Apcob/Atot)	0,67		
FS (fator solar)	0,79	APT (área de permanência transitória)	467,13
PAFt (percentual de abertura na fachada total)	0,0546		
Ape (área de projeção do edifício- m ²)	919,08		

Tabela 4: Resultado da classificação do índice de consumo da envoltória do LCCV

IC da envoltória	206,64				
Eficiência	A	B	C	D	E
Lim Min		223,55	234,28	245,02	255,75
Lim Máx	223,54	234,27	245,01	255,74	

4.1.3 Resultado final da classificação da envoltória

Apesar do resultado positivo obtido através da avaliação do IC, o equivalente numérico final da envoltória não resultou no nível “A”, devido às exigências previstas na avaliação dos pré-requisitos conforme o item 4.1.1. Desta maneira, a classificação final da envoltória a partir da avaliação da transmitância térmica e da absorção da cobertura e das paredes externas resultou na classificação final correspondente ao nível “B”, determinando o equivalente numérico igual a 4 (quatro).

A análise demonstra que o edifício apresenta características projetuais positivas em relação ao alcance da eficiência energética, oferecendo um alto potencial de adequação ao melhor nível, desde que fossem atendidas as exigências referentes às propriedades térmicas da cobertura.

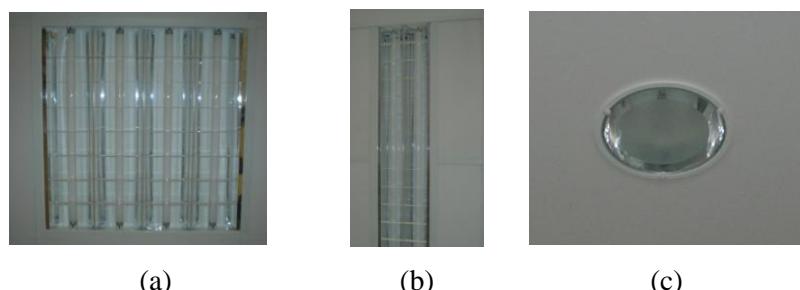
4.2 Resultados da avaliação do Sistema de Iluminação

4.2.1 Pré-requisitos específicos do sistema de iluminação

A conferência quanto aos pré-requisitos do sistema de iluminação baseia-se, como já descrito anteriormente, em informações contidas no próprio regulamento. No caso do LCCV, todos os ambientes internos possuem área inferior a 250 m². Portanto, apenas um dispositivo de acionamento manual do sistema de iluminação é suficiente para cada ambiente, segundo o RTQ-C. Desse modo, verificou-se que o sistema de iluminação do LCCV atende aos demais pré-requisitos necessários para a classificação nível “A”.

4.2.2 Caracterização do Sistema de Iluminação

Com relação ao sistema de iluminação, foram empregadas 3 tipologias de luminárias, ilustradas na figura 3 (a), (b), (c). Essas luminárias empregam lâmpadas fluorescentes compactas ou fluorescentes tubulares e encontram-se dispostas regularmente em cada ambiente, proporcionando uma distribuição uniforme da iluminância no plano de trabalho. Com relação às superfícies internas, os tetos de todos os ambientes internos possuem cor branca (refletância = 80%) e, em sua maioria, a refletância média das paredes internas é superior a 30%. As funções desempenhadas nos ambientes correspondem em sua maioria à realização de atividade de pesquisa, sendo o nível de iluminância indicado igual a 500 lx, de acordo com o item 5.313 da NBR 5413 (ABNT, 1992).



(a)

(b)

(c)

Figura 3 – Modelos de luminárias utilizadas nos ambientes internos do LCCV: (a) e (b) luminárias de embutir, para lâmpadas fluorescentes tubulares e (c) luminária de embutir, para lâmpadas fluorescentes compactas.

4.2.3 Resultado final da Avaliação de Iluminação

Para a análise do sistema de iluminação foram determinados para cada ambiente a iluminância média incidente no plano de trabalho, considerando-se o fluxo luminoso total e o fator de utilização das luminárias, sendo este obtido em função das dimensões e refletâncias médias de cada zona iluminada. O nível de iluminância final foi calculado para o final da vida útil do sistema, ou seja, após 24 meses de uso, contabilizado juntamente com a potência instalada total, em função da área de cada ambiente, obtendo-se desse modo o valor da Densidade de Potência Relativa Final – DPI_{RF} . A classificação de cada sistema correspondente a uma sala ou zona de iluminação é obtida a partir da comparação do valor da DPI_{RF} com o valor limite indicado pelo RTQ-C em cada caso, denominado DPI_{RL} .

Após a aplicação do método para avaliação descrito no RTQ, foi constatado que todos os ambientes e zonas de iluminação obtiveram classificação nível “E” (equivalente numérico igual a 1), pois o valor da DPI_{RF} foi superior ao valor da DPI_{RL} indicada pelo RTQ-C para o nível D, conforme ilustrado nas figuras 4 a 7.

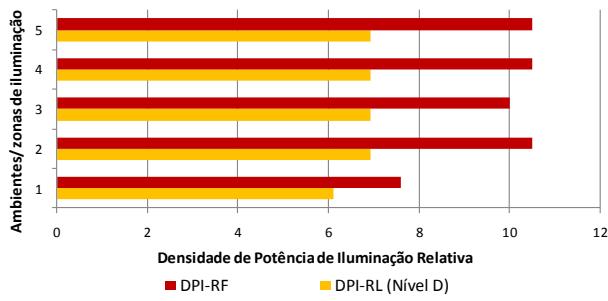


Figura 4 – Valores de DPI_{RF} e DPI_{RL} (nível D): áreas de circulação e sala de apoio.

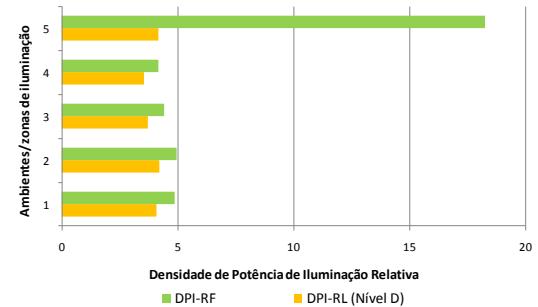


Figura 5 – Valores de DPI_{RF} e DPI_{RL} (nível D): salas de aula e biblioteca.

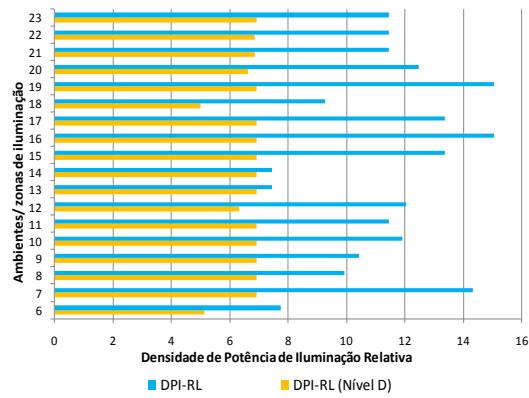


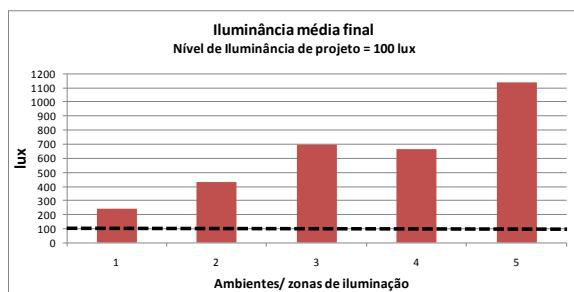
Figura 6 – Valores de DPI_{RF} e DPI_{RL} (nível D): banheiros, circulações, salas de apoio ao auditório e refeitório



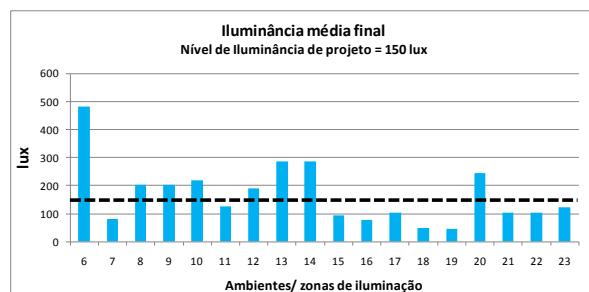
Figura 7 – Valores de DPI_{RF} e DPI_{RL} (nível D): salas de pesquisa

Dentre os aspectos que contribuíram para este resultado destacam-se:

- A inadequação do projeto luminotécnico à necessidade real de níveis de iluminância necessários a cada ambiente. Em diversos ambientes, foi possível constatar níveis de iluminância final que excedem os valores indicados para as tarefas realizadas de acordo com as recomendações da NBR 5413 – Iluminância de interiores (ABNT, 1992). Ou seja, nesses ambientes, a quantidade de luminárias empregadas foi excessiva, resultando em uma maior densidade de potência instalada e, por conseguinte, prejudicando a classificação da eficiência energética do sistema de iluminação. Nas figuras 8 (a),(b), (c) e (d) estão ilustrados os níveis de iluminância final obtidos em diversos ambientes, podendo-se observar a diferença entre esses valores e o nível de iluminância recomendável pela NBR 5413 em cada caso. Com exceção dos ambientes indicados na figura 8(d), que atingiram níveis de iluminância inferiores aos valores recomendados pela NBR 5413.



(a)



(b)

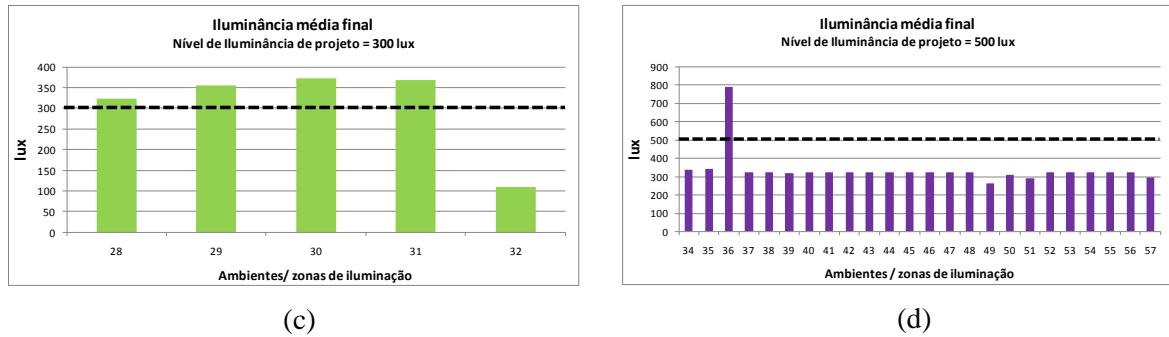


Figura 8 – Comparação entre os níveis de iluminância final calculados para cada ambiente ou zona de iluminação e os valores de iluminância de projeto indicados pela NBR 5413: a) 100 lux; b) 150 lux; c) 300 lux e d) 500 lux.

- b) a elevada potência correspondente à luminária de embutir para 4 lâmpadas fluorescentes (ver Figura 3a), a qual é equipada com 2 reatores, cuja potência é de 35W cada um.

Considerando-se tais aspectos, pode-se concluir que o nível de eficiência do sistema de iluminação poderia ser melhorado caso fossem realizadas intervenções nos ambientes internos. Dentre as possíveis intervenções, recomenda-se o redimensionamento do sistema com base nos valores de iluminância de projeto previstas pela NBR 5413. Desse modo, a densidade de potência relativa final seria reduzida, tornando-se compatível com níveis mais altos de eficiência. Outra intervenção consiste na substituição das lâmpadas por modelos com um menor fluxo luminoso, bem como a escolha de luminárias equipadas com reatores de menor potência, reduzindo assim o consumo de energia nos ambientes internos do prédio.

4.3 Resultado da avaliação Sistema de Condicionamento de Ar

4.2.1 Pré-requisitos válidos para o sistema de condicionamento de ar

O edifício do LCCV possui apenas sistemas de condicionamento de ar do tipo “split”. Com relação aos pré-requisitos aplicáveis nesse caso, há somente um único pré-requisito necessário para a classificação nível “A”, que é o sombreamento total de cada unidade condensadora instalada. Quanto aos equipamentos instalados no LCCV, verificou-se que em alguns casos este pré-requisito não foi atendido, inviabilizando a obtenção da classificação nível “A”. A classificação final do sistema depende da verificação de cada equipamento separadamente, atribuindo-lhes os equivalentes numéricos correspondentes, de acordo com o selo do Programa Brasileiro de Etiquetagem do INMETRO, para posterior ponderação dos resultados de acordo com a área de piso condicionada. Estes resultados serão apresentados a seguir.

4.2.2 Caracterização do Sistema de Condicionamento de Ar

Os níveis de eficiência identificados nas etiquetas dos aparelhos de ar condicionado tipo “split” instalados no LCCV correspondem às classificações “B”, “C” e “E”. A figura 9 ilustra a distribuição dos aparelhos instalados em relação às áreas internas dos ambientes, de acordo com seus respectivos níveis de eficiência. Observa-se que mais da metade dos aparelhos instalados apresentam a classificação mais desfavorável.

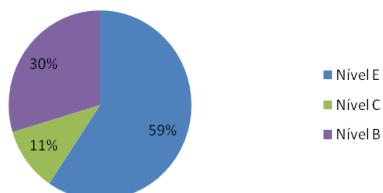


Figura 9: Resultado da classificação do nível de eficiência do sistema de ar condicionado do LCCV

4.2.3 Resultado Final da Avaliação do Sistema de Condicionamento de Ar

A etiqueta para o sistema de condicionamento de ar do edifício do LCCV foi nível “D”, representado pelo equivalente numérico final igual a 2,13. Para a melhoria desta classificação, a medida mais eficaz consiste na aquisição de aparelhos de ar condicionado caracterizados por melhores níveis de eficiência energética. Vale salientar que o sistema de ar condicionado é responsável por 40% da pontuação total que o edifício recebe na avaliação geral. Desse modo, o investimento na qualidade dos equipamentos instalados representaria um impacto significativo na classificação final de eficiência energética do edifício.

5 RESULTADO DA CLASSIFICAÇÃO GERAL E CONCLUSÕES

Para a determinação do nível de eficiência geral do edifício estudado foram aplicados na equação final de pontuação (equação 2.1- RTQ-C), os respectivos valores dos equivalentes numéricos identificados nas análises da envoltória (nível “B”), do sistema de iluminação (nível “E”) e do sistema de ar condicionado (nível “D”). Foi adotado equivalente numérico 1 (nível “E”), para a caracterização dos ambientes não condicionados.

Detetada a ausência de bonificações na edificação, ou seja, a mesma não apresenta soluções inovadoras para a economia de energia (como sistemas e equipamentos de racionamento do uso de água pluvial, ou fontes de energia renováveis) foi calculada a pontuação final do edifício. A pontuação final correspondeu ao valor igual a 2,72, equivalente ao nível “C”. Neste sentido, verifica-se que as soluções de melhoria para a qualidade de eficiência energética do edifício avaliado devem ser fundamentadas na readequação dos projetos complementares, representados pelos projetos luminotécnico e do sistema de ar condicionado.

A avaliação de envoltória apontou o potencial de adequação do edifício às exigências contidas no RTQ-C, destacando o desempenho satisfatório da tipologia arquitetônica, evidenciando e valorizando seu caráter construtivo inovador. Conclui-se, portanto, que a utilização do RTQ-C se configura como uma importante ferramenta para favorecer o projeto de edifícios energeticamente eficientes.

6 REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 15220**: Desempenho térmico de edificações - Parte 3: Zoneamento bioclimático Brasileiro e estratégias de condicionamento térmico passivo para habitações de interesse social. Rio de Janeiro, 2005-c.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 5413**: Iluminância de interiores. Rio de Janeiro, 1992.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. Instituto Nacional De Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial - INMETRO. **Portaria n.º 53, de 27 de fevereiro de 2009**. Rio de Janeiro: [S.ed], 2009.

BRASIL. Presidência da República, Casa Civil, Subchefia para Assuntos Jurídicos. **Lei N° 10.295, de 17 de outubro 2001**. Dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia e dá outras providências. Brasília: [S.ed], 2001

LABEEE *et al.* **Manual para aplicação dos Regulamentos: RTQ-C e RAC-C**. Disponível em: <<http://www.labeee.ufsc.br/eletrobras/etiquetagem/downloads.php>> Acesso em: 07 ago.2009

7 AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer ao coordenador geral do LCCV-UFAL, Eduardo Setton pelo consentimento para avaliação do edifício e ao CNPq/Eletrobrás pelo financiamento e apoio concedidos à pesquisa desenvolvida no Laboratório de Conforto Ambiental da UFAL.